



EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE LOS ANDES Y DEL ENGOLFAMIENTO NEUQUINO ADYACENTE

Victor A. Ramos¹, Alfonso Mosquera^{1,2}, Andrés Folguera¹ y Ezequiel García Morabito¹

1. Laboratorio de Tectónica Andina del Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber, Universidad de Buenos Aires - CONICET. andes@gl.fcen.uba.ar 2. Tecpetrol SA, Buenos Aires

RESUMEN

La evolución tectónica de Neuquén, un sector de Los Andes caracterizado por una larga historia de estudios geológicos y excelentes afloramientos, es excepcional dentro del contexto de los Andes Centrales. Truncamientos notables en la fábrica del basamento andino asociados con la dorsal de Huincul, son el resultado de complejas colisiones tanto como de historias diversas de subducción durante el Paleozoico tardío. La extensión fue controlada por la fábrica del basamento a lo largo de las paredes colgantes de las suturas paleozoicas durante el Triásico y el Jurásico temprano. Como resultado de estos procesos una serie de cuencas desconectadas reciben durante el Jurásico inferior las ingresiones marinas desde el Pacífico a través de una compleja paleogeografía de centros volcánicos correspondientes al arco magmático. La subsidencia térmica de la Cuenca Neuquina conectó los diferentes depocentros, y la tectonoestratigrafía fue controlada por una sucesión de avances y retrocesos del arco magmático y del frente orogénico durante los tiempos mesozoicos. Un cambio en el movimiento absoluto de la placa cabalgante marcó el comienzo de la compresión en el Cretácico Superior temprano. Las fases de somerización de las zonas de subducción están asociadas a la deformación y el desarrollo de cuencas de antepaís sucesivas. Las principales orogenias que formaron las diferentes fajas plegadas y corridas fueron producidas en el Cretácico Superior, el Paleógeno y el Mioceno. La estructura final está controlada por la extensión y el desarrollo de la fosa de Loncopué.

Palabras clave: Colisiones, arcos magmáticos, fajas plegadas y corridas, fosa de Loncopué

ABSTRACT

Tectonic evolution of the Andes and the adjacent Neuquenan embayment.- The tectonic evolution of Neuquén, a sector of the Andes characterized by long lasting history of geological studies and excellent exposures, is exceptional within the context of the Central Andes. Striking truncations of the Andean basement fabric associated with the Huincul High are the result of complex collisions as well as a diverse history of subduction during the late Paleozoic. The extension was controlled by the basement fabrics along the hanging-wall of the Paleozoic sutures during Triassic and early Jurassic times. As a result, a series of unconnected basins during the Early Jurassic received the marine ingressions from the Pacific through a complex paleogeography of volcanic centers across the magmatic arc. Thermal subsidence of the Neuquén Basin connected the different depocenters, and the tectonostratigraphy was controlled by a succession of advances and retreats of the magmatic arc and the orogenic front during Mesozoic times. A change in the absolute motion of the overriding plate marked the beginning of the compression in early Late Cretaceous times. The shallowing phases of the subduction zones are associated with deformation and foreland basin formation. The main orogenies that formed the different fold and thrust belts were produced in Late Cretaceous, Paleogene, and Miocene times. Final structure is controlled by extension and development of the Loncopué trough.

Key words: Collisions, magmatic arcs, Fold and thrust belts, Loncopué trough

INTRODUCCIÓN

La evolución tectónica del Neuquén registra una compleja historia que solo ha sido analizada parcialmente desde una perspectiva de su basamento, de las acumulaciones mesocenozoicas, sus secuencias andinas y la evolución magmática concomitante.

Es objetivo del presente capítulo analizar los procesos que produjeron su constitución actual a partir de su historia paleozoica, tratando de integrar la información disponible con datos inéditos o parcialmente publicados.

Para su comprensión se la dividirá en una serie de ciclos orogénicos que marcarán los grandes episodios diastroficos que llevaron a formar la presente estructura, tratando en lo posible de presentar las diferentes alternativas propuestas cuando no hay consenso en los modelos evolutivos.

Ciclo orogénico gondwánico

La historia geológica del basamento de la provincia de Neuquén es fragmentaria y sólo se remonta al Devónico, no habiendo podido ser constatada la presencia de un zócalo precámbrico aflorante (Fig. 1).

Se la puede dividir en tres sectores independientes, el primero corresponde al tramo norte de la Cordillera Patagónica donde está expuesta la faja batolítica occidental, el segundo abarcaría los granitoides de la cordillera del Viento en la Precordillera Neuquina norte, mientras que el tercero correspondería a la dorsal de Huincul.

a) Cordillera Patagónica y regiones adyacentes

Los estudios de Linares & Turner (1976) indicaban la presencia de rocas metamórficas precámbricas en el valle del río Limay, aunque estudios posteriores con dataciones

más precisas indicaron edades neopaleozoicas. Algo similar ocurrió con las rocas metamórficas de las proximidades de San Martín de los Andes y otras rocas ubicadas más al sur, cuyos primeros análisis por Rb-Sr indicaban edades neoproterozoicas (Dalla Salda *et al.* 1992a, 1992b) que estudios posteriores descartaron. Sin embargo, es interesante destacar que estas metamorfitas ubicadas al sur del lago Gutiérrez arrojaron edades de 344 ± 30 Ma y 329 ± 24 Ma por el método K-Ar (Dalla Salda *et al.* 1992b), valores muy cercanos a los obtenidos mediante métodos más precisos.

Las primeras síntesis del basamento neuquino ya habían reconocido en la Cordillera Patagónica septentrional dos unidades distintas. Una de mayor grado asignada a la Fm. Colohuincul (Turner 1965) y otra de menor grado, las Ectinitas Piedra Santa de edad devónica (Digreggio & Uliana 1980).

Los trabajos de Vattuone (1988, 1990) han mostrado que las rocas metamórficas expuestas entre los lagos Aluminé y Quillén están formadas por anfibolitas, migmatitas y esquistos verdes preservadas como enclaves del batolito paleozoico, presentan condiciones metamórficas de baja presión (entre 3 y 4 kbar), con un marcado gradiente de temperatura en dirección transversal.

Estas temperaturas variaban de 700 a 550°C en facies de granulita transicional a anfibolita, hasta alrededor de 450°C en facies de esquistos verdes en las Ectinitas Piedra Santa (Vattuone 1990; Franzese 1995). Estas rocas son intruidas por tonalitas, granodioritas y granitos en los que se reconocen una facies foliada y deformada de otra no deformada de composición granítica dominante.

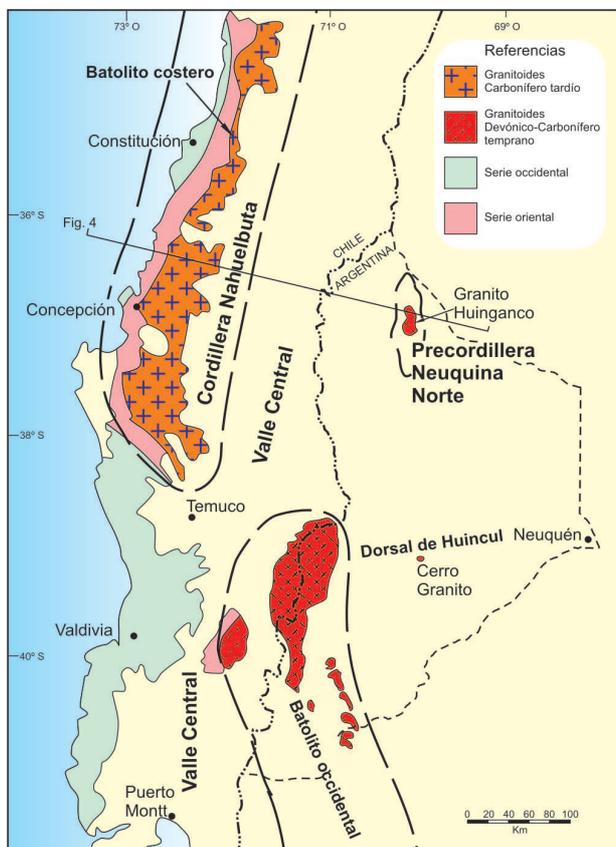


Figura 1: Granitoides del Paleozoico superior: arcos magmáticos de la cordillera de la Costa, la Cordillera Patagónica norte y la Precordillera Neuquina Norte (basado en Llambías *et al.* 2007; Glodny *et al.* 2008; Ramos *et al.* 2010).

Los estudios realizados en las metamorfitas de la Fm. Colohuincul en el lago Gutiérrez muestran una edad de 360 U-Pb en titanita que se atribuyó a la edad del metamorfismo (Basei *et al.* 1999). Una edad máxima de 364 Ma en circones detríticos por U-Pb SHRIMP se obtuvo para la Ectinita Piedra Santa de la cuesta de Rahue (Ramos *et al.* 2010), que confirmaría la edad devónica de estas rocas metamórficas propuestas por Digreggio & Uliana (1980). Un rango similar de edades ha obtenido Lucassen *et al.* (2004) en la región de Piedra del Águila (Fig. 2). En este sector migmatitas con condiciones metamórficas de alta temperatura y presión media han arrojado edades de 380 ± 2 Ma (206Pb/238U) y 375 ± 15 Ma (207Pb/235U) en titanitas, las que han sido interpretadas como edades de cristalización de ese mineral por estos autores. Una edad semejante del orden de 370 Ma (K/Ar) en las Ectinitas Piedra Santa obtenida por Franzese (1995) podría corresponder al metamorfismo o deformación de estas metamorfitas.

Hacia el oeste en el eje del batolito, los granitoides han sido datados por U-Pb SHRIMP tanto en San Martín de los Andes como en el lago Lolog, con edades que oscilan entre 395 ± 4 Ma y 401 ± 4 Ma (Pankhurst *et al.* 2006), indicando la importancia del magmatismo devónico en el segmento septentrional de la Cordillera Patagónica (Fig. 2). Sus características geoquímicas de arco magmático y su metamorfismo asociado permiten reconstruir la evolución tectónica del margen continental a estas latitudes.

Si bien algunos autores postularon la continuidad del arco magmático neopaleozoico es evidente una interrupción entre los 38° y $38^\circ 30'$ S como se pudo observar en la Fig. 1. Hacia el norte el arco magmático está preservado a lo largo de la costa asociado a las facies orientales y remanentes de las facies occidentales del prisma de acreción como han sido definidas por Hervé (1988), Hervé *et al.* (2003, 2010) y Glodny *et al.* (2008). Estos autores muestran que el magmatismo en este arco tiene edades U-Pb de $306,4 \pm 2,4$ Ma en Lago Ranco; $304,6 \pm 2,3$ Ma en la cordillera de Nahuelbuta; $305,1 \pm 1$ Ma en Pichilemu y de $311,5 \pm 3,3$ Ma en Quintay, las que combinadas con la edad del metamorfismo indican que ha sido exhumado entre 301 y 296 Ma (Willner *et al.* 2005).

Los estudios realizados en las metamorfitas de Mendoza, más precisamente en la Cuchilla de Guaraguaráz, por Willner *et al.* (2008, 2009), muestran que esta región estuvo sometida a condiciones iniciales de 13-14 kbar de alrededor de 550°C, lo cual representaría un gradiente térmico de $10^\circ\text{C}/\text{km}$ durante su metamorfismo, que luego pasa a una etapa posterior de descompresión y calentamiento a 8 kbar y 600°C, característico de un sistema colisional. Esto junto con las dataciones efectuadas, ha permitido reconocer la colisión del terreno de Chileña sobre el margen gondwánico entre 390 y 392 Ma. Recién a partir de los 310 Ma habría comenzado la acreción y el magmatismo en el margen pacífico asociado al arco magmático neopaleozoico de la cordillera de la Costa.

Hacia el sur de los $38^\circ 30'$, a la latitud del sur de Neuquén, la acreción en el margen pacífico habría empezado a los 340 Ma ($40^\circ 57'$ S, Willner *et al.* 2009), y mostraría un paso de presión y temperatura antihorario típico de un prisma de acreción representado por el predominio de las facies occidentales de Hervé (1988).

La diferencia al norte y sur de los 38° S ha sido interpretada por Glodny *et al.* (2008) como producto de una variación en la erosión cortical por subducción, que explica

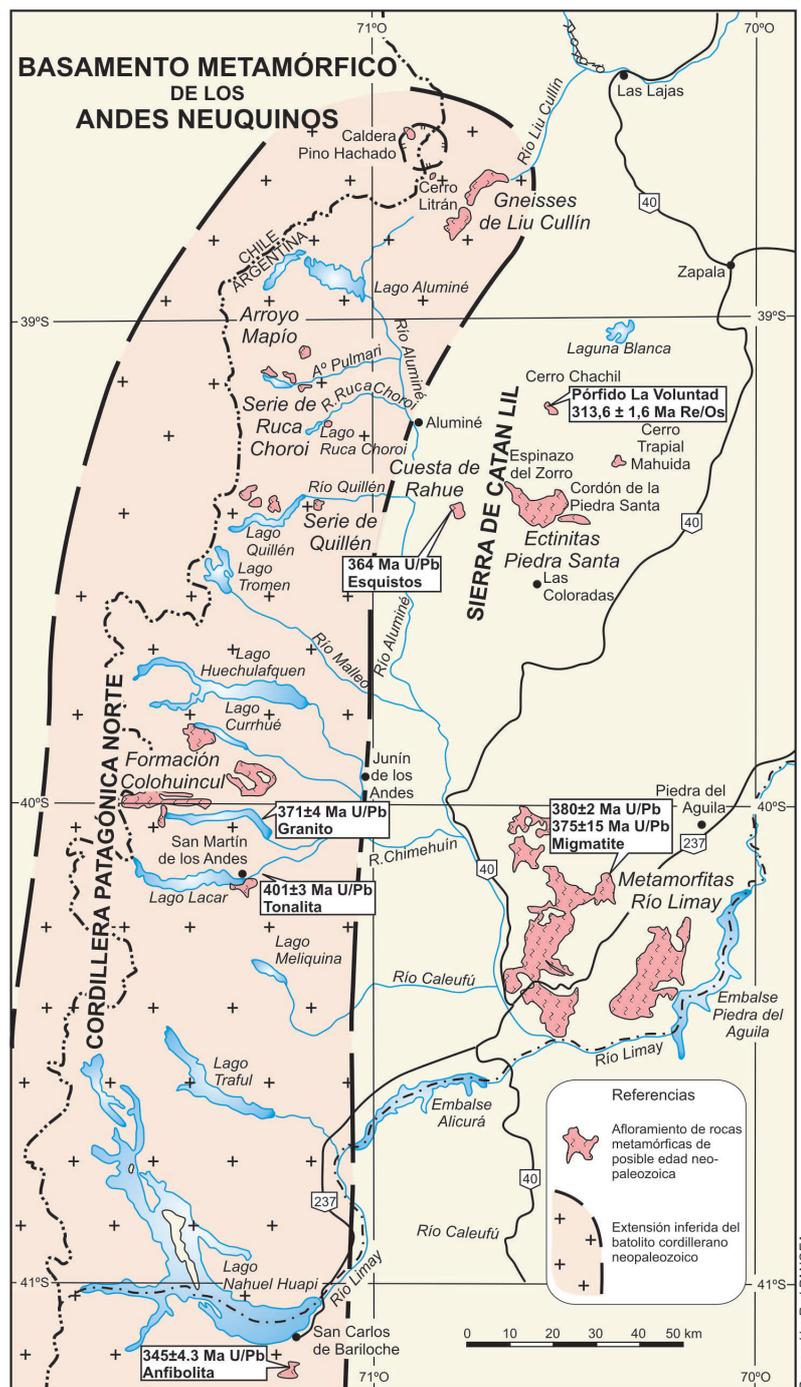


Figura 2: Distribución de las rocas metamórficas de la Fm. Colohuincul en la Cordillera Patagónica según Turner (1965), Galli (1969) y Vattuone (1988) y de la Ectinita Piedra Santa en la sierra de Catán Lil según Franzese (1995). Edades según Pankhurst *et al.* (2006), Lucassen *et al.* (2004), Basei *et al.* (2005) y Garrido *et al.* (2008).

ría el desplazamiento de más de 100 km entre el arco magmático del batolito de la cordillera de la Costa y el batolito paleozoico de la Cordillera Patagónica de Neuquén.

Sin embargo, hemos visto que el batolito ubicado más al norte tuvo su período de máxima actividad recién en el Carbonífero Superior, mientras que el batolito de la Cordillera Patagónica norte es básicamente de edad devónica media a superior en territorio neuquino.

Si se acepta la propuesta de una colisión para los orthogneisses de la Cordillera Patagónica norte (Pankhurst *et al.* 2006), cuya deformación tiene vergencia hacia el noroeste, como lo muestran los detallados estudios de García

Sansegundo *et al.* (2009) para la región de Bariloche, puede concluirse que la sutura estaría ubicada hacia el sudoeste de esta localidad.

Para algunos autores ésta ha sido producida por la colisión del macizo del Deseado (Pankhurst *et al.* 2006), mientras que para otros estaría relacionada con la colisión de la Península Antártica (Ramos 2008).

En la Precordillera Neuquina Sur afloran tonalitas y granodioritas calcoalcalinas en las proximidades del cerro Chachil y la sierra de Catán Lil (Leanza 1990; Franzese 1995) que se corresponderían con la parte más externa del batolito patagónico, pero carecen de la foliación y defor-

mación que caracteriza al batolito patagónico. Sus contactos son netos y no están asociados a migmatitas (Leanza 1990). Su edad está constreñida entre la edad del metamorfismo entre 360 y 370 Ma y la edad del pórfido del yacimiento La Voluntad que lo intruye. Esta ha sido establecida en $313,6 \pm 1,6$ Ma (Re/Os, Garrido *et al.* 2008).

b) Precordillera Neuquina Norte

Las rocas paleozoicas aflorantes en la cordillera del Viento han recibido numerosos estudios después de su reconocimiento inicial por Zollner & Amos (1955, 1973). La unidad más antigua corresponde los esquistos pirofílicos de la Fm. Arroyo El Hauque de posible edad devónica y a grauvacas que se han correlacionado con la Fm. Huaraco, secuencia clástica con fósiles marinos de edad carbonífera tardía (Zappettini & Dalponte 2009). Las grauvacas corresponderían a un ambiente extensional concomitante con el emplazamiento de riodacitas fluidales en una secuencia de tobas, datada en $327,9 \pm 2,0$ Ma (Suárez *et al.* 2008). Este ambiente se caracterizaría por una corteza atenuada en el retroarco. Una marcada discordancia las separa de las tobas riolíticas de la Fm. La Premia asignada a la orogenia sanrafaélica por Llambías *et al.* (2007), en las que se obtuvo una edad pérmica inferior mediante una datación U/Pb que arrojó de $281,8 \pm 2,1$ Ma (Suárez *et al.* 2008). Las secuencias carboníferas están intruidas por el Granito Huingancó, de características postectónicas y con una edad K/Ar en biotita de 287 ± 9 Ma (Pérmico inferior, Suárez & De la Cruz 1997).

Las rocas paleozoicas preservadas en esta región indicarían la presencia de un arco magmático a los ~ 328 Ma dominado por un ambiente extensional de retroarco, paralelo y más antiguo que el batolito de la cordillera de la Costa a estas latitudes (310 -303 Ma, Glodny *et al.* 2008;

Willner *et al.* 2009). Esas condiciones extensionales se interrumpen por los esfuerzos compresivos de la orogenia sanrafaélica antes de los 287 Ma, cuando se emplaza el Granito Huingancó, al que le siguen riolitas y tobas ácidas en un ambiente extensional.

c) Región de la dorsal de Huincul

Con la excepción de los afloramientos del cerro Granito y escasas riolitas y tobas en las proximidades, no hay otra evidencia magmática del ciclo gondwánico en esta región. Sin embargo, los estudios estructurales llevados a cabo en el subsuelo mediante sismica 3D han confirmado las viejas hipótesis que indicaban orientaciones aberrantes al rumbo andino, como la denominaron Windhausen (1914) y Keidel (1925). Estos autores atribuían estas orientaciones a la presencia del zócalo patagónico que a estas latitudes tenían un rumbo oeste-noroeste. Esta interpretación avanzó con la propuesta de Bettini (1984), para quién el cerro Granito era parte del macizo Nordpatagónico, tradicionalmente aceptado como marginando la Cuenca Neuquina en forma paralela al lineamiento Río Limay (Ramos, 1978). Los estudios detallados de la estructura en el subsuelo de las rocas previas al Grupo Choiyoi realizados por Mosquera & Ramos (2006), permitieron determinar hasta donde se extendía la deformación gondwánica del basamento, como resultado de la colisión del terreno Patagonia en el Pérmico inferior (Fig. 3). Para mayores detalles de la evolución tectónica de la Patagonia se remite a Ramos (2008).

d) Evolución gondwánica

La somera descripción de las características tectónicas del basamento paleozoico neuquino permite esbozar en forma fragmentaria un intento de su evolución tectónica.

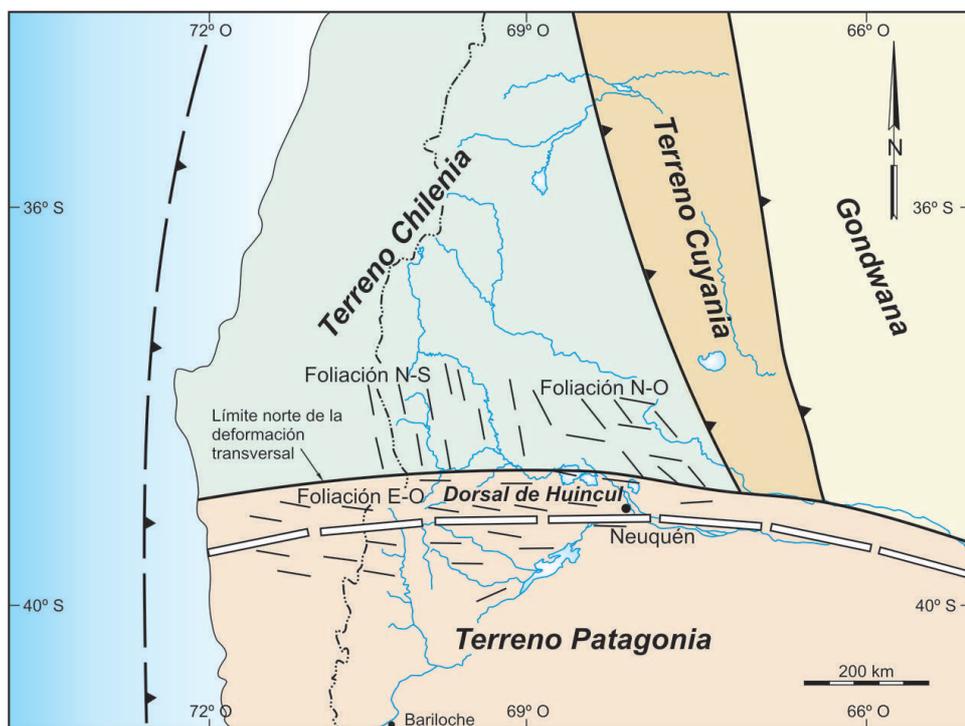


Figura 3: Límite de la deformación gondwánica asociada a la colisión de la Patagonia según datos de subsuelo (basado en Bettini 1984 y Mosquera y Ramos, 2006). Nótese como la foliación de la fábrica de basamento submeridiana típica de la deformación andina se interrumpe al norte de la dorsal de Huincul.

Esta se inicia en el norte con una subducción a lo largo del margen occidental del Gondwana durante el Carbonífero medio (Fig. 4 a) caracterizada por un régimen extensional en el retroarco como lo atestiguan el abundante registro de volcanitas ácidas (~328 Ma). Este régimen extensional pudo haber estado asociado a un retroceso de la trinchera oceánica (Ramos 2010), responsable de la migración del arco hacia el margen pacífico, donde se instaura a los 310 Ma a estas latitudes. Un cambio en el régimen tectónico de extensional a compresivo llevaría a la deformación sanrafaélica (Fig. 4 b), quizás asociada a una disminución de la inclinación de la zona de subducción y al emplazamiento de las rocas calcoalcalinas posttectónicas vinculadas al Granito Huingancó a los 287 Ma (Llambías *et al.* 2007). Inmediatamente después se inicia una nueva extensión generalizada vinculada al empujamiento de la placa subducida como ha sido postulado en la región cuyana más al norte por Martínez *et al.* (2006), Japas *et al.* (2008) y Ramos & Folguera (2010). La Fig. 4 a resume la historia geológica del sector norte.

El sector sur comprendido en la Cordillera Patagónica norte del Neuquén tiene una historia aparentemente independiente. El basamento de este sector correspondería a la placa patagónica, la que no se encontraría en el Devónico adosada al margen del Gondwana occidental. Las nuevas evidencias aportadas por el hallazgo de arqueo-

ciádidos en grandes clastos subangulosos de calizas en las Ectinitas El Jagüelito de indudable filiación antártica (González *et al.* 2010), junto con las características de sus circones detríticos (Naipauer *et al.* 2010), corroboran el origen exótico del basamento del macizo de Somuncura como parte del terreno de Patagonia postulado por Ramos (1984, 2008) y Aceñolaza *et al.* (2002).

El bloque patagónico es atravesado en forma oblicua por la faja batolítica occidental, interpretada como un arco magmático de edad devónica a carbonífera inferior que llegaría hasta el extremo sur de la Patagonia (Pankhurst *et al.* 2006; Ramos 2008). Este arco magmático se interrumpe por una colisión carbonífera media a superior (Pankhurst *et al.* 2006; García Sansegundo *et al.* 2009), producto de una colisión con un bloque continental ubicado más hacia el sudoeste (Fig. 4 b), para estos autores representado por el macizo del Deseado. Otra alternativa es que ese bloque correspondiese a la Península Antártica (Ramos 2008).

La evolución culmina con la colisión de la Patagonia a partir del Pérmico basal, con la intensa deformación penetrativa en el basamento de la región de la dorsal de Huincul, la que se evidencia en ambos márgenes de la sutura patagónica (Von Gosen 2003; Rapalini *et al.* 2010). La evolución tectónica de este sector ha sido caracterizada por Ramos (2008, su Fig. 12).

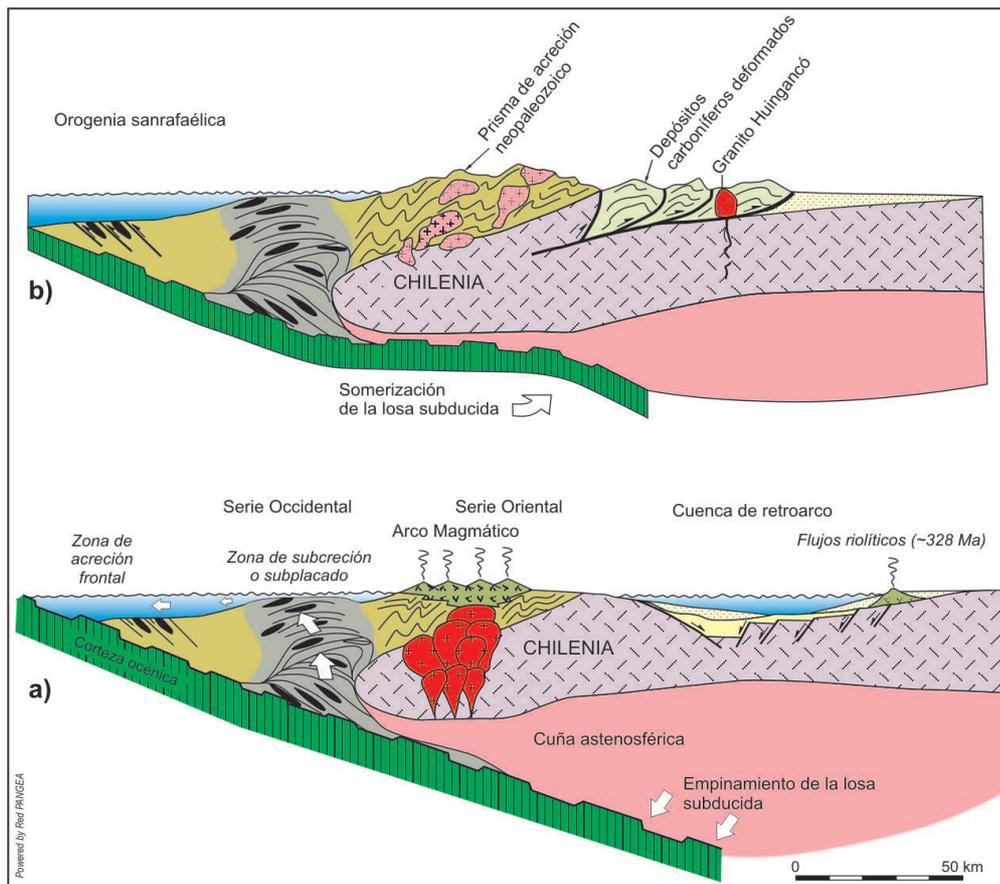


Figura 4: Esquema tectónico que muestra el desarrollo del magmatismo neopaleozoico a la latitud de la Cordillera Principal al norte del Neuquén. a) Desarrollo del arco magmático en el Carbonífero superior (~ 310 Ma) asociado a extensión en el retroarco. Las metamorfitas de la serie oriental corresponden a las facies de mayor gradiente térmico y presiones bajas a intermedias que caracterizan el arco. La serie occidental se caracteriza por su crecimiento por subcreción y presenta altas presiones y bajo gradiente térmico. La región de retroarco tiene flujos riolíticos (~ 328 Ma) (Willner *et al.* 2008, Llambías *et al.* 2007); b) Deformación sanrafaélica acaecida a los ~ 287 Ma a estas latitudes, asociada al emplazamiento del Granito Huingancó (Pérmico inferior) y a la exhumación del prisma de acreción en la cordillera de la Costa chilena.

Ciclo extensional gondwánico

Con posterioridad a la fase sanrafaélica, asociada a un corto período de subducción horizontal en el sector septentrional del Neuquén y a la eventual colisión de la Patagonia, se registra un generalizado episodio extensional asociado a un volcanismo ácido (Kay *et al.* 1989; Mpodozis & Kay 1990). Éste se caracteriza por extensos plateaux riolíticos y flujos ignimbríticos (Llambías & Sato 1990, 1995), que marcan el cese de la compresión y el inicio de un período extensional. Las rocas representativas de este episodio se adjudican genéricamente al Grupo Choiyoi de edad permotriásica, que cubre gran parte de la Cuenca Neuquina.

La subsidencia tectónica continúa hasta el Jurásico inferior, habiéndose realizado numerosos estudios que caracterizan la edad y las características del volcanismo ácido en diferentes sectores del subsuelo y en las regiones precordilleranas (Llambías *et al.* 2003, 2007; Leanza *et al.* 2005; Llambías & Leanza 2005; Schiuma & Llambías 2008).

Es interesante destacar que la extensión estuvo fuertemente controlada por la fábrica del basamento como se puede observar en la Fig. 5, que muestra una orientación noroeste que caracteriza los depocentros más australes asociados a la fábrica desarrollada por la colisión de la Patagonia (Franzese & Spalletti 2001). Los otros depocentros están condicionados por la fábrica formada por la deformación dúctil del basamento que se desarrolló durante la acreción paleozoica de los terrenos de Cuyania y Chileña al margen gondwánico (Ramos & Kay 1991).

El Triásico estuvo caracterizado por extensión generalizada asociada a la desintegración de Pangea, régimen que perdura hasta el Jurásico basal. La subducción en ese momento era inexistente o muy lenta, como lo postulara Kay (1993) ante la falta de evidencias de productos magmáticos calcoalcalinos asociados a subducción.

Inicio de la subducción con extensión

La subducción se inicia en el Jurásico inferior (190-185 Ma), con la apertura del Océano Índico que marca la fragmentación del Gondwana Occidental del Oriental (véase Fig. 6), vinculada al desarrollo de la pluma del Karoo a los ~ 183 Ma (Mpodozis & Ramos 2008).

Los primeros productos calcoalcalinos andesíticos de filiación de arco se desarrollan en el umbral de Sañicó, como lo atestiguan las lavas mesosilíceas de 191,7±2,8 Ma (Spalletti *et al.* 2010). Recientemente se ha podido reconstruir el sistema extensional preservado en la cordillera del Viento donde durante la formación de hemigrábenes, se ha registrado la presencia de yacimientos de hierro bandeado (BIF) del tipo Algoma, asociado a andesitas, dacitas y pelitas negras con amonites. La edad de este episodio de retroarco obtenida mediante U/Pb SHRIMP en circones es de 185,2±1,9 Ma (Zappetini & Dalponte 2010), la cual indicaría una edad pliensbachiana para el inicio de la subducción a estas latitudes.

Durante gran parte del Jurásico hasta el Cretácico inferior el área estuvo sometida a una subducción con régimen extensional, posiblemente controlada por la velocidad absoluta de la placa del Gondwana Occidental. Como ha sido propuesto por varios autores, una velocidad de retroceso negativa de la trinchera oceánica (*negative trench-*

rollback velocity) controló la extensión generalizada que dominó la evolución tectónica de Los Andes en este período (véase Ramos 1999, 2010), hasta la separación definitiva entre América del Sur y África, que marcó la fragmentación definitiva del Gondwana Occidental durante el desarrollo de la pluma de Paraná y la apertura final de océano Atlántico sur (Mpodozis & Ramos 1990, 2008; Somoza & Zaffarana 2008).

La Cuenca Neuquina en este período tiene una deformación de intraplaca condicionada por la heterogeneidad de su basamento y por la rotación del vector de convergencia, que produce deformaciones distintas en sus diferentes elementos (Mosquera & Ramos 2006). La Fig. 7

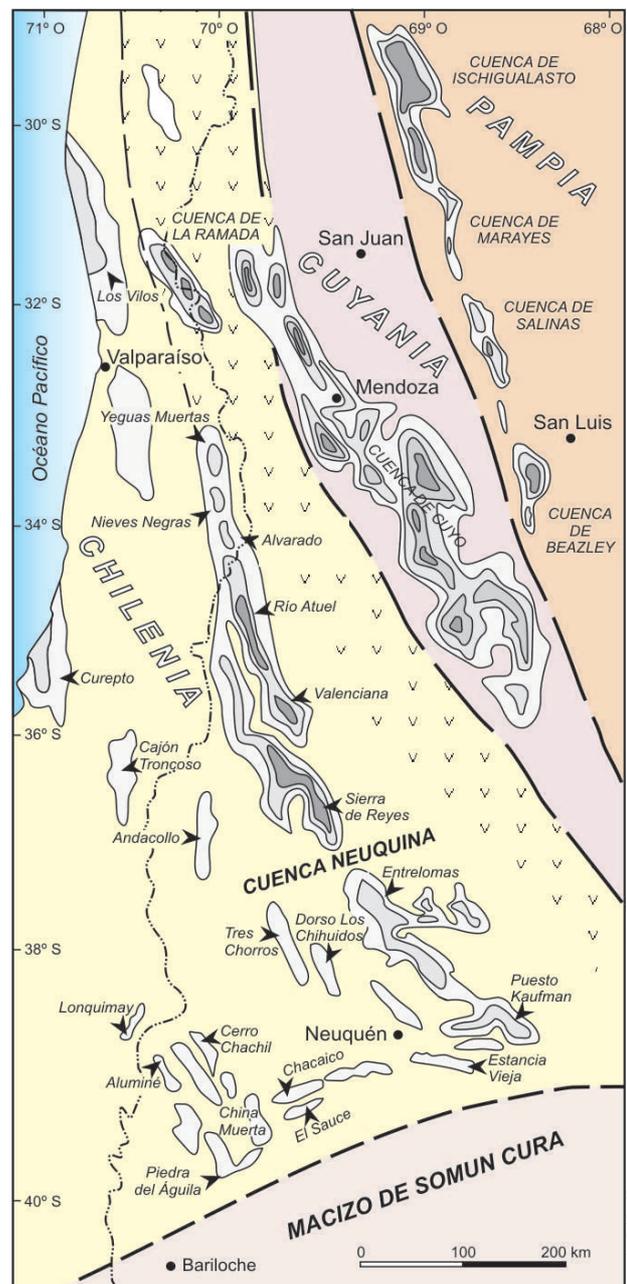


Figura 5: Orientación de los principales sistemas de rift triásicos a jurásicos inferiores que caracterizan el subsuelo de Neuquén en su sector oriental y que están expuestos por inversión tectónica en la Precordillera Neuquina correspondientes a las cordilleras del Viento y Catán Lil (según Mpodozis & Ramos 2008).

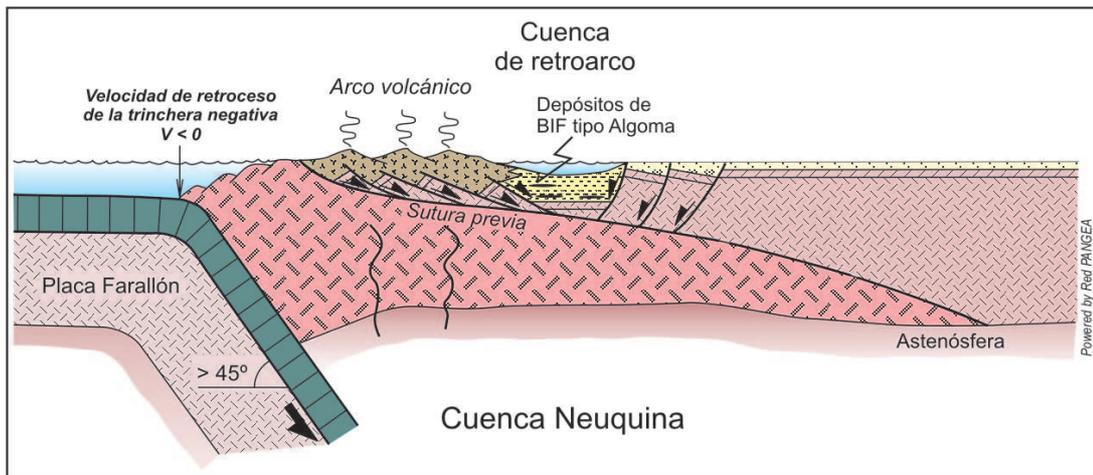


Figura 6: Marco tectónico que caracteriza el inicio de la subducción durante el Jurásico inferior asociada a un régimen extensional controlado por el movimiento absoluto hacia el oeste de la placa cabalgante (basado en Ramos 2010). En los estadios iniciales de la cuenca se observan depósitos de hierro bandeado de tipo Algoma en el retroarco intercalados con volcanitas ácidas característicos de un ambiente extensional (Zappetini & Dalponte 2010).

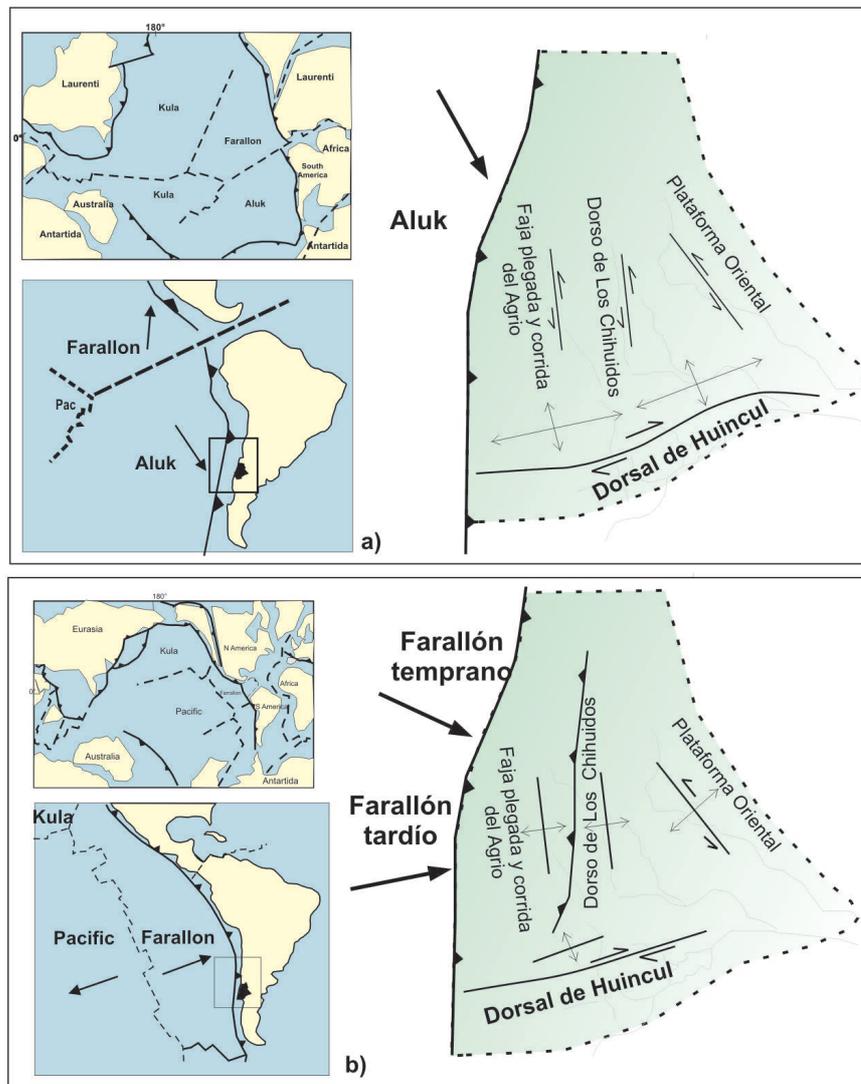


Figura 7: Rotación del vector de convergencia entre las placas oceánicas pacíficas y la placa gondwánica o sudamericana a través del tiempo según Mosquera & Ramos (2006). a) Desarrollo durante el Jurásico inferior a Valanginiano inferior (195-125 Ma) vinculado a subducción oblicua durante la separación de Laurentia del Gondwana Occidental; b) Durante la etapa Farallón temprana se incrementa la velocidad de convergencia entre los 125 y 100 Ma y se torna más ortogonal al margen, iniciándose el régimen compresional. Durante la etapa Farallón tardía el régimen es netamente compresivo, desarrollándose la faja plegada y corrida del Agrio (Tunik et al. 2010).

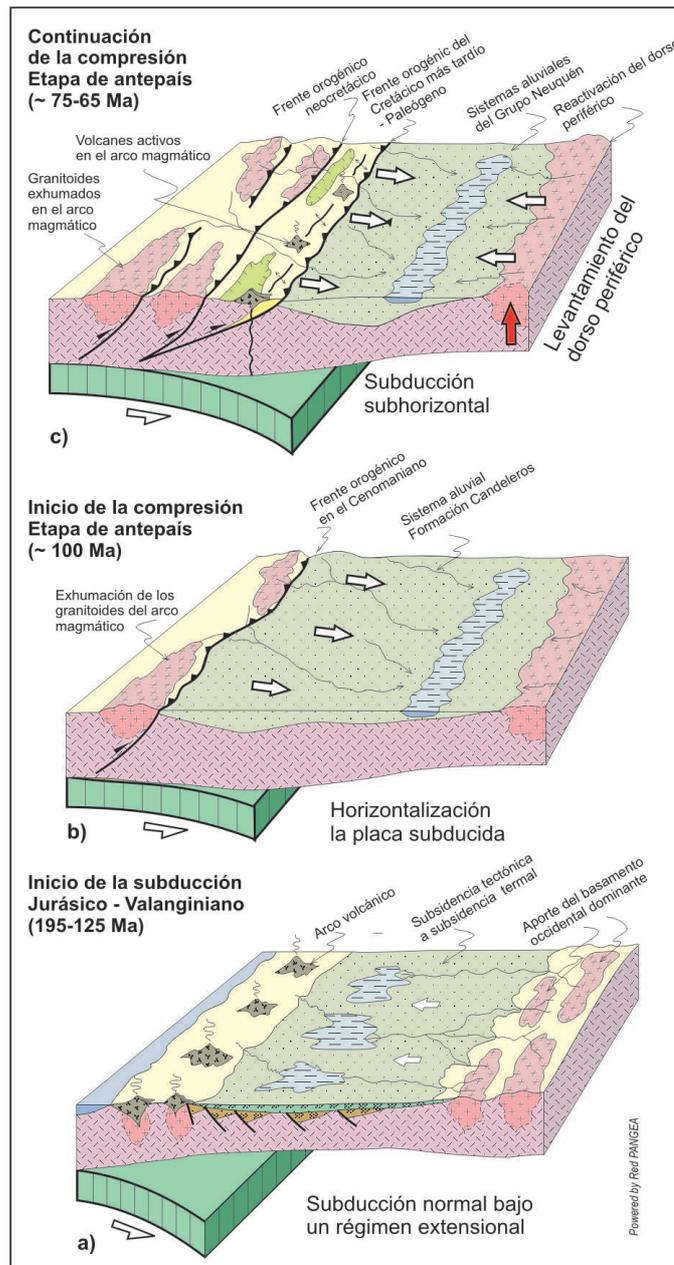


Figura 8: Variaciones en el sistema de subducción entre el Jurásico y el Paleógeno (basado en Ramos & Folguera 2005). Nótese que la exhumación de los granitoides del arco magmático ha sido tomado como el inicio del levantamiento de los Andes a estas latitudes (Tunik, *et al.* 2010).

sintetiza la diferente variación de los elementos estructurales de la cuenca controlada por la rotación del vector de convergencia. Se puede identificar como varía la deformación en algunos sectores, como se observa en el sector de la plataforma oriental, que pasa de predominantemente transcurrente en el Jurásico a compresiva con inversión tectónica positiva en el Cretácico medio a Superior. La Dorsal de Huincul se caracterizó por una transpresión dextral dominante en casi todo su desarrollo (Ploszkiewicz *et al.* 1984; Mosquera & Ramos 2006; Silvestro & Zubiri 2008).

Desarrollo de subducción con compresión

Diversos autores identificaron el inicio de la deformación compresiva en los afloramientos de la dorsal

neuquina en el Cretácico superior. Desde los pioneros trabajos de Windhausen (1914) y Keidel (1925), ha sido evidente que los depósitos molásicos del Grupo Neuquén marcaban el inicio del levantamiento orogénico y correspondían a los primeros depósitos sinorogénicos de la cuenca de antepaís (Ramos 1981). Estos estaban caracterizados por circones que indican la exhumación de los granitoides del arco magmático y su desarrollo al pie del frente orogénico de edad cenomaniana (Tunik *et al.* 2010).

Los estudios realizados en la región de Pichaihue muestran que la ingresión marina procedente del océano Atlántico avanzó mucho más hacia el oeste del actual frente andino, como lo demuestran algunos pequeños relictos de las calizas del Grupo Malargüe encontrados en esta comarca (Aguirre-Urreta *et al.* 2010). Esto permite

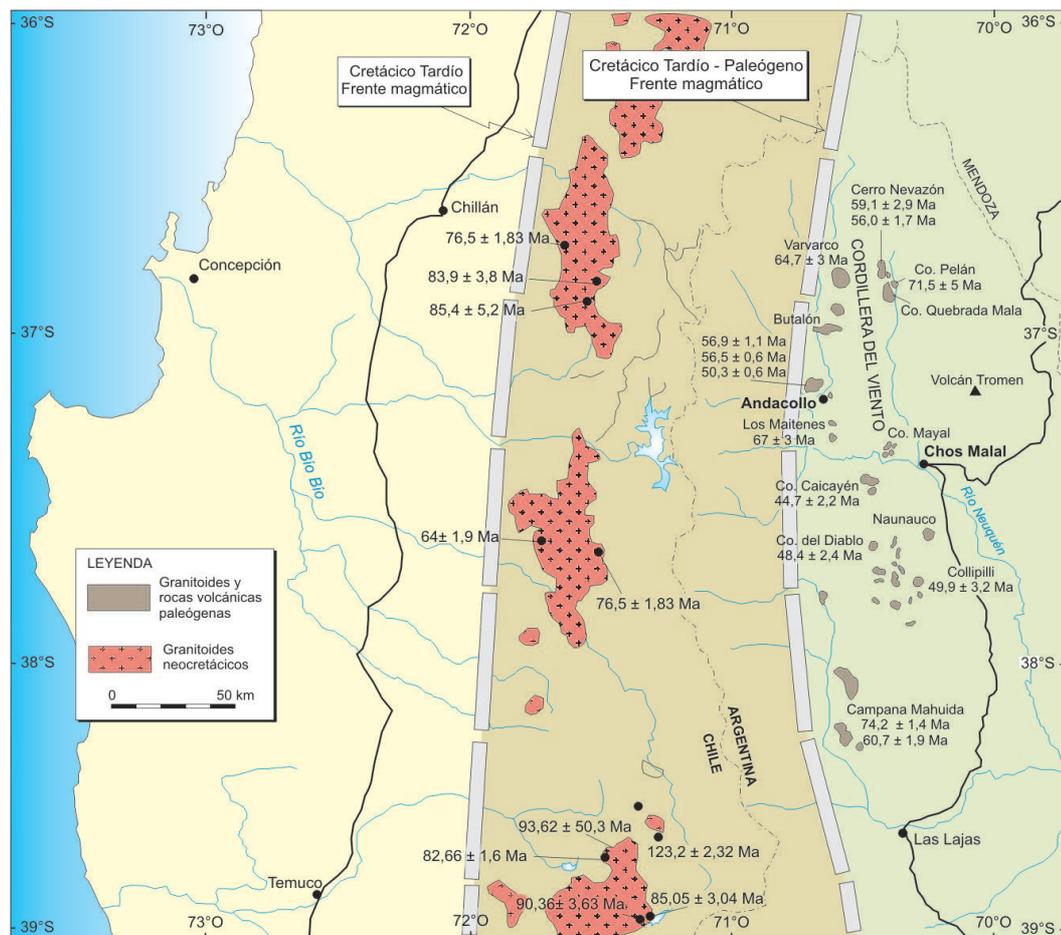


Figura 9: Expansión del arco magmático hacia el este durante el Cretácico Tardío al Paleógeno asociada con la estructuración de la faja plegada y corrida del Agrio. La migración del frente magmático estuvo acompañada de una disminución del volumen de sus productos magmáticos (según Ramos & Folguera 2005 y trabajos allí citados).

inferir que el frente orogénico (Fig. 8 b) se ubicaba bien adentro de la cordillera para este momento, y que los depósitos sinorogénicos fueron parcialmente canibalizados durante el avance del frente de corrimiento. Este avance estuvo también acompañado por una expansión del arco magmático hacia el este (Fig. 9), registrándose para el Paleógeno su ubicación a lo largo de la Precordillera Neuquina, donde se registran típicas rocas de arco magmático (Llambías & Rapela 1988; Franchini *et al.* 2003; Kay *et al.* 2006). Es sobre esta base que diversos autores han propuesto una horizontalización de la zona de subducción entre el Cretácico Superior y el Paleógeno (Ramos & Folguera 2005; Ramos & Kay 2006; García Morabito 2010), la que estuvo acompañada por un importante engrosamiento cortical (Franchini *et al.* 2003). Esta deformación reconocida como parte de la orogenia incaica por diversos autores (Cobbold & Rossello 2003), habría completado el desarrollo de la faja plegada y corrida del Agrio para el Paleógeno (Zapata & Folguera 2005; Zamora Valcarce *et al.* este volumen).

La Fig. 9 ilustra la ubicación de los granitoides del Cretácico Superior, localizados en la vertiente chilena de la cordillera, cuyo frente magmático migra hacia el Cretácico Tardío más alto a territorio argentino. Se destaca a estas latitudes una *volcanic gap* durante el Eoceno en territorio chileno como fuera reconocido por López Escobar & Vergara (1997) entre los 36° y 39° S de latitud, que se extiende hasta

el Cretácico más alto. Si bien en la figura se ilustra la migración hasta el sur de Las Lajas, investigaciones recientes muestran que ésta ha afectado la Precordillera Neuquina Sur a la latitud de la sierra de Catán Lil (García Morabito *et al.* 2010).

Etapa extensional oligocena a miocena inferior

La presencia de rocas basálticas de intraplaca de esta edad, netamente diferentes a las típicas rocas calcoalcalinas en el norte de Neuquén, en especial en la sierra de Huantraico (Ramos & Barbieri 1989), marca un importante cambio en el régimen de subducción. Este cambio fue interpretado por Kay *et al.* (2006) como evidencia de un período de disminución de la velocidad absoluta de la placa superior, en coincidencia con el empujamiento de la placa propuesto por Ramos & Folguera (2005), entre muchos otros. Este evento marcaría un período extensional tanto en el anteraco (Cisternas & Frutos 1994), el arco volcánico (Vergara *et al.* 1997 a, b; Radic 2010) y el retroarco, en especial en el bajo de Huantraico (Ramos & Barbieri 1989). Esta depresión tectónica (Ramos 1981) y su continuación al norte en el sur de Mendoza, controlaron la depositación de los basaltos de la Fm. Palauco en estructuras extensionales (Galarza *et al.* 2009). Durante este período se desarrollaron cuencas de intra-arco y retroarco extensionales como la de Cura Mallín y sus equivalentes

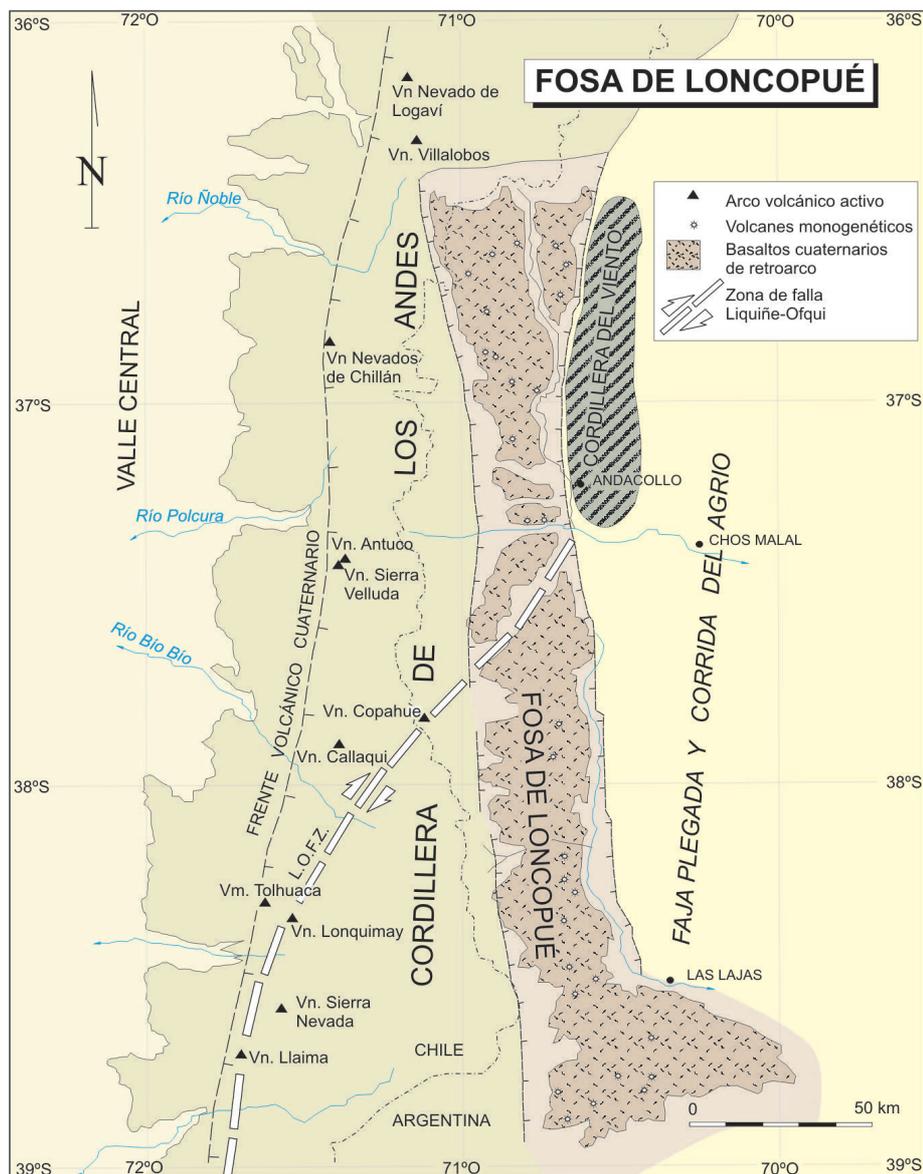


Figura 10: Desarrollo de la fosa de Loncopué en el sector interno de la faja plegada y corrida de Agrio (según Ramos & Folguera 2005), que se halla cubierta principalmente por coladas basálticas erupcionadas por centros monogénicos caracterizados por Muñoz & Stern (1988). La interacción con la zona de falla de Liquiñe Ofqui produce en su sector norte una reactivación transpresiva asociada a la faja plegada y corrida de Guañacos (Folguera *et al.* 2004, 2007, 2010; Rojas Vera *et al.* 2010).

más hacia el este descriptas por Radic (2010) y Ramos (1981).

La orogenia quechua

Desde los pioneros trabajos de Groeber (1929) hasta sus últimas contribuciones (Groeber 1963), se destacó el desarrollo de una fase principal de deformación y levantamiento de los Andes que habría acaecido a fines del Mioceno. Este importante levantamiento, si bien no ha sido sincrónico en los Andes Centrales es el que se relaciona con la orogenia quechua propuesta por Steinmann (1910), para el Mioceno tardío y que fuera reconocida como la orogenia principal de los Andes argentino chilenos por Yrigoyen (1972, 1979). Si bien, cuando existen buenas determinaciones cronológicas, éstas indican un levantamiento no sincrónico, es necesario destacar que entre el Mioceno medio y el Mioceno Tardío se produce una reactiva-

ción de la faja plegada y corrida del Agrio que produce los Conglomerados de Tralahué en el Mioceno Medio y otros depósitos sinorogénicos menores (Zamora Valcarce *et al.* este volumen). Esta fase de deformación levanta el dorso de Los Chihuidos (Mosquera & Ramos 2006) y produce la estructura final de la faja plegada y corrida del Agrio (Zapata & Folguera 2005) y de los sectores ubicados hacia el sur de la misma (García Morabito *et al.* 2010).

El colapso extensional cenozoico tardío

Un rasgo tectónico excepcional que caracteriza a los Andes Neuquinos es el desarrollo de la fosa de Loncopué entre el Plioceno tardío y el Cuaternario (Ramos 1978). Este sector de los Andes presenta una faja plegada y corrida del Agrio fósil, y una región interna con características extensionales, que delimita la depresión de Loncopué. Esta fosa (Fig. 10) tiene una historia tectónica compleja



(véase Folguera *et al.* 2008, 2010; Rojas Vera *et al.* (2010, y este volumen).

La mitad sur preserva su relieve negativo producido por el régimen extensional (Muñoz & Stern 1988) que se originó por un empujamiento de la placa subducida después de la orogenia quechua (Ramos y Folguera 2005; Folguera *et al.* 2010). La mitad septentrional al norte de Loncopué ha sido reactivada por la neotectónica asociada a la faja plegada y corrida de Guañacos (Folguera *et al.* 2004, 2007) que en los últimos 1,4 Ma ha comenzado a invertir las estructuras extensionales. Esta característica nuevamente es excepcional, pues la neotectónica se concentra en el sector más interno de los Andes, casi a lo largo del límite internacional, en vez de estar presente al pie de la Precordillera que delimita los frentes de corrimiento de las fajas plegadas y corridas del Agrio y Chos Malal. Es importante destacar que algunos autores registran evidencias morfoestructónicas en el sector oriental de Los Chihuidos que estarían indicando un levantamiento compresivo a esas latitudes (Messenger *et al.* 2010).

CONCLUSIONES

La breve evolución tectónica descrita muestra que el Neuquén tiene una historia geológica excepcional de su estructura, que se puede observar en una serie de rasgos geológicos particulares. Se destacarán a continuación solo aquellas características propias de este sector.

- La estructura submeridiana de rumbo nor-noreste que caracteriza la cordillera de Los Andes Centrales es truncada por la fábrica del basamento al norte y sur de la dorsal de Huincul. Esto indica un rasgo de primer orden que se asocia a la colisión de la Patagonia durante el Pérmico basal.

- La supuesta continuidad del arco magmático gondwánico a lo largo del margen chileno no es tal, como se puede apreciar en el territorio neuquino. El arco magmático al norte de la dorsal es exclusivamente Carbonífero superior, mientras que el que caracteriza a la Cordillera Patagónica neuquina es más antiguo iniciándose en el Devónico y se continúa hasta el Carbonífero medio a superior.

- Esta estructura transversal como ha sido reconocida por los pioneros trabajos de principios del siglo pasado ha originado una expansión de la Cuenca Neuquina hacia el este que ha formado el engolfamiento neuquino. Esta expansión de la cuenca ha sido controlada por sistemas de *rift* transversales y oblicuos a la dirección andina, que a su vez están vinculados a la fábrica de los terrenos paleozoicos acrecionados.

- Los sistemas de *rift* se desarrollan en forma transversal y oblicua al rumbo de los Andes, particularmente controlados por las paredes colgantes de las suturas paleozoicas (*suture hanging-walls*) y por líneas de debilidad en la fábrica estructural del basamento asociadas a estas suturas.

- La historia mesozoica está regida por las variaciones de la zonas de subducción con períodos de baja inclinación, hasta subhorizontales, que alternan con períodos de mayor empujamiento y retroceso del arco magmático. Esta alternancia produce fases de deformación progresiva con períodos neutros o extensionales.

- La faja plegada y corrida del Agrio se formó durante el Cretácico Superior hasta el Paleógeno inclusive y ha sido preservada con leves modificaciones posteriores.

- El período Oligoceno superior y Mioceno basal se caracteriza por una interrupción del movimiento absoluto de la placa sudamericana hacia el noroeste, que produce una extensión generalizada en el sector interno y el desarrollo de la cuenca de Cura Mallín.

- El Mioceno medio a superior marca la última reactivación compresiva del engolfamiento neuquino, siendo las estructuras de su frente de corrimientos fósiles desprovistas de neotectónica contraccional activa.

- El Cenozoico tardío se caracteriza por el desarrollo extensional de la fosa de Loncopué y una incipiente neotectónica en la región interna de la cordillera con el desarrollo del frente de corrimiento cuaternario de la faja plegada y corrida de Guañacos. Levantamientos morfoestructónicos del dorso de Los Chihuidos podrían indicar una deformación incipiente en este sector.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su reconocimiento a numerosos tesis de grado y posgrado que con sus trabajos de investigación han realizado importantes aportes a la evolución tectónica de la cordillera neuquina, así como a muchos colegas de la industria petrolera, que a través de años de trabajos con sus labores de exploración han aportado en forma significativa a caracterizar la estructura del engolfamiento neuquino. Esta es la contribución C16 del Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aceñolaza, F.G., Miller, H. & Toselli, A.J. 2002. Proterozoic-Early Paleozoic evolution in western South America: a discussion. *Tectonophysics* 354: 121-137.
- Aguirre-Urreta, B., Tunik, M., Naipauer, M., Pazos, P., Ottone, E., Fanning, M. & Ramos, V.A. 2010. Malargüe Group (Maastrichtian-Danian) deposits in the Neuquén Andes, Argentina: Implications for the onset of the first Atlantic transgression related to Western Gondwana break-up. *Gondwana Research* (en prensa).
- Basei, M.A.S., Brito Neves, B.B., Varela, R., Teixeira, W., Siga Jr., O., Sato, A.M. & Cingolani, C. 1999. Isotopic dating on the crystalline basement rocks of the Bariloche region, Río Negro, Argentina. 2º South American Symposium on Isotope Geology, *Anales SEGEMAR* 34: 15-18. Carlos Paz.
- Basei, M.A., Varela, R., Passarelli, C., Siga Jr., O., Cingolani, C., Sato, A. & González, P.D. 2005. The crystalline basement in the north of Patagonia: isotopic ages and regional characteristics. En: Pankhurst, R. & Veiga, G. (Eds.): *Gondwana 12: Geological and Biological Heritage of Gondwana, Abstracts*, Academia Nacional de Ciencias, p. 62. Córdoba.
- Bettini, F.H. 1984. Pautas sobre cronología estructural en el área del cerro Lotena, cerro Granito y su implicancia en el significado de la dorsal del Neuquén, provincia del Neuquén. 9º Congreso Geológico Argentino, *Actas* 2: 163-169.
- Cisternas, M.E. & J. Frutos, 1994. Evolución tectono-estratigráfica de la Cuenca terciaria de los Andes del Sur de Chile (37° 30' -40° 30' lat. S.). 7º Congreso Geológico Chileno (Concepción), *Actas* 1: 6-12.

- Cobbold, P.R. & Rossello, E.A. 2003. Aptian to recent compressional deformation of the Neuquén Basin, Argentina. *Marine and Petroleum Geology* 20(5): 429-443.
- Dalla Salda, L., Cingolani, C.A. & Varela, R. 1992a. El basamento pre-andino ígneo metamórfico de San Martín de los Andes, Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 46(3-4): 223-234.
- Dalla Salda, L., Cingolani, C.A. & Varela, R. 1992b. El basamento cristalino de la región nordpatagónica de los lagos Gutiérrez, Mascardi y Guillermo, provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 46(3-4): 263-276.
- Digregorio, J.H. & Uliana, M.A. 1980. Cuenca Neuquina. En: Turner, J.C.M. (Ed.): 2º Simposio de Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias 2: 985-1032. Córdoba.
- Folguera, A., Ramos, V.A., Hermanns, R.L. & Naranjo, J. 2004. Neotectonics in the foothills of the southernmost central Andes (37°–38°S): Evidence of strike-slip displacement along the Antiñir-Copahue fault zone. *Tectonics*, 23, TC5008, doi: 10.1029/2003TC001533.
- Folguera, A., Ramos, V.A., Zapata, T. & Spagnuolo, M.G. 2007. Andean evolution at the Guañacos and Chos Malal fold and thrust belts (36°30'–37°S). *Journal of Geodynamics* 44: 129-148.
- Folguera, A., Bottesi, G., Zapata, T. & Ramos, V.A. 2008. Crustal collapse in the Andean back-arc since 2 Ma: Tromen volcanic plateau, Southern Central Andes (36°40'–37°30'S). *Tectonophysics* 459(1-4): 140-160.
- Folguera, A., Rojas Vera, E., Bottesi, G., Zamora Valcarce, G. & Ramos, V.A. 2010. The Loncopué Trough: A Cenozoic basin produced by extension in the southern Central Andes. *Journal of Geodynamics* 49: 287–295.
- Franchini, M.B., López Escobar, L., Schalamuk, I.B.A & Meinert, L.D. 2003. Paleocene, calc-alkaline subvolcanic rocks from Nevazón Hill area (NW Chos Malal Fold Belt), Neuquén, Argentina, and comparison with granitoids of the Neuquén-Mendoza volcanic province. *Journal of South America Earth Sciences* 16(5): 399-422.
- Franzese, J.R. 1995. El Complejo Piedra Santa (Neuquén, Argentina): parte de un cinturón metamórfico neoplaeoico del Gondwana suroccidental. *Revista Geológica de Chile* 22(2): 193-202.
- Franzese, J.R. & Spalletti, L.A. 2001. Late Triassic continental extension in southwestern Gondwana: tectonic segmentation and pre-break-up rifting. *Journal of South American Earth Sciences* 14: 257-270.
- Galarza, B.J., Zamora Valcarce, G., Folguera, A. & Bottesi, G.L. 2009. Geología y evolución tectónica del frente cordillerano a los 36°30'S: bloques de Vihuin-Huaca y Puntilla de Huincán. Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65(1): 170-191.
- Galli, C.A. 1969. Descripción geológica de la Hoja 35a, Lago Alumín (Prov. del Neuquén). Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 108: 1-45.
- García Morabito, E. 2010. Tectónica y estructura del retroarco andino, entre los 38°15' y los 40° S. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, (inédita), 283 p. Buenos Aires.
- García Morabito, E., Götze, H. & Ramos, V.A. 2010. Tertiary tectonics of the retro-arc area between 38° 15' and 40° S latitude. *Tectonophysics* (en prensa).
- García-Sansegundo, J., Farias, P., Gallastegui, G., Giacosa, R.E. & Heredia, N. 2009. Structure and metamorphism of the Gondwanan basement in the Bariloche region (North Patagonian Argentine Andes). *International Journal of Earth Sciences* 98:1599-1608.
- Garrido, M., Barra, F., Domínguez, E., Ruiz, J. & Valencia, V. 2008. Late Carboniferous porphyry copper mineralization at La Voluntad, Neuquén, Argentina: Constraints from Re–Os molybdenite dating. *Mineralium Deposita* 43: 591-597.
- Glodny, J., Echlter, H., Collao, S., Ardiles, M., Burón, P. & Figueroa, O. 2008. Differential Late Paleozoic active margin evolution in South-Central Chile (37°S–40°S) - the Lanalhue Fault Zone. *Journal of South American Earth Sciences* 26: 397-411.
- González, P., Tortello, M. & Damborenea, S. 2010. Early Cambrian archaeocyathan limestone blocks in low-grade metaconglomerates from El Jagüelito Formation (Sierra Grande, Río Negro, Argentina). *Geologica Acta* (en prensa).
- Groeber, P. 1929. Líneas fundamentales de la geología del Neuquén, sur de Mendoza y regiones adyacentes. Dirección Nacional de Geología y Minería, Publicación 58: 1-109. Buenos Aires.
- Groeber, P. 1963. La Cordillera entre las latitudes 22°20' y 40°S. Academia Nacional de Ciencias, Boletín 43(2-4): 111-175. Córdoba.
- Hervé, F. 1988. Late Paleozoic subduction and accretion in Southern Chile. *Episodes* 11(3): 183-188.
- Hervé, F., Fanning, C.M. & Pankhurst, R.J. 2003. Detrital zircon age patterns and provenance of the metamorphic complexes of southern Chile. *Journal of South American Earth Sciences* 16: 107-123.
- Hervé F., Fanning, C.M., Pankhurst, R.J., Mpodozis, C., Klepeis, K., Calderón, M. & Thomson, S.N. 2010. Detrital zircon SHRIMP U/Pb age study of the Cordillera Darwin Metamorphic Complex of Tierra del Fuego: sedimentary sources and implications for the Evolution of the Pacific margin of Gondwana. *Journal of the Geological Society* 167: 155-168.
- Japas, S., Salvarredi, J. & Kleiman, L. 2008. Control estructural en la distribución de las mineralizaciones de uranio del ciclo Choiyoi, Bloque de San Rafael, Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63: 204-212.
- Kay, S.M. 1993. Late Paleozoic tectonics in Southern South America: a global perspective. Douzième Congrès International de la stratigraphie et Géologie du Carbonifère et Permien, Comptes Rendus 1: 109-122. Buenos Aires.
- Kay, S.M., Ramos, V.A., Mpodozis, C. & Sruoga, P. 1989. Late Paleozoic to Jurassic silicic magmatism at the Gondwanaland margin: analogy to the Middle Proterozoic in North America? *Geology* 17(4): 324-328.
- Kay, S.M., Burns, M. & Copeland, P. 2006. Upper Cretaceous to Holocene magmatism and evidence for transient Miocene shallowing of the Andean subduction zone under the northern Neuquén Basin. En: Kay, S.M. & Ramos, V.A. (Eds.): Evolution of an Andean Margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35–39°S). Geological Society of America, Special Paper 407: 19-60.
- Keidel, J. 1925. Sobre la estructura tectónica de las capas petrolíferas en el oriente del territorio del Neuquén. Dirección General de Minas, Geología e Hidrogeología, Publicación 8: 1-67. Buenos Aires.
- Leanza, H.A. 1990. Estratigrafía del Paleozoico y Mesozoico anterior a los movimientos intermálmicos en la comarca del cerro Chachil, provincia del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 45(3-4): 272-299.
- Leanza, H.A., Llambías, E.J. & Carbone, O. 2005. Unidades estratigráficas limitadas por discordancias en los depocentros de la cordillera del Viento y la sierra de Chacaicó durante los inicios de la Cuenca Neuquina. 5º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Trabajos Técnicos, Versión CD ROM, Mar del Plata.



- Linares, E. & Turner, J.C.M. 1976. Comarcas de la República Argentina con rocas de edad precámbrica sobre la base de dataciones radiométricas. 6º Congreso Geológico Argentino. (Bahía Blanca), Actas 1: 511-518. Buenos Aires.
- Llambías, E.J. & Leanza, H.A. 2005. Depósitos laháricos en la Formación Los Molles en Chacay Melehue, Neuquén: evidencia de volcanismo jurásico en la Cuenca Neuquina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60(3): 552-558.
- Llambías, E. & Sato, A.M. 1990. El batolito de Colangüil (29-31° S), Cordillera Frontal de Argentina: estructura y marco tectónico. *Revista Geológica de Chile* 17(1): 89-108.
- Llambías, E. & Sato, A.M. 1995. El batolito de Colangüil: transición entre orogénesis y anorogénesis. *Revista de la Asociación geológica Argentina* 50(1-4): 111-131.
- Llambías, E.J., Quenardelle, S. & Montenegro, T. 2003. The Choiyoi Group from central Argentina: a subalkaline transitional to alkaline association in the craton adjacent to the active margin of the Gondwana continent. *Journal of South American Earth Sciences* 16: 243-257.
- Llambías, E.J., Leanza, H.A. & Carbone, O. 2007. Evolución tectono-magmática durante el Pérmico al Jurásico temprano en la cordillera del Viento (37°05' S - 37°15' S): nuevas evidencias geológicas y geoquímicas del inicio de la Cuenca Neuquina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62(2): 217-235.
- Llambías, E.J. & Rapela, C.W. 1988. Las volcanitas de Collipilli, Neuquén (37°S) y su relación con otras unidades paleógenas de la cordillera. *Asociación Geológica Argentina, Revista* 44(1-4): 224-236.
- Lopez Escobar, L. & Vergara, M. 1997. Eocene-Miocene longitudinal depression and Quaternary volcanism in the southern Andes, Chile (33°-42.5°S): a geochemical comparison. *Revista Geológica de Chile* 24(2): 227-244.
- Lucassen, F., Trumbull, R., Franz, G., Creixell, Ch., Vásquez, P., Romer, R.L. & Figueroa, O. 2004. Distinguishing crustal recycling and juvenile additions at active continental margins: the Paleozoic to recent compositional evolution of the Chilean Pacific margin (36–41°S). *Journal of South American Earth Sciences* 17: 103-119.
- Martínez, A.N., Rodríguez Blanco, L. & Ramos, V.A. 2006. Permo-Triassic magmatism of the Choiyoi Group in the Cordillera Frontal de Mendoza, Argentina: geological variations associated with changes in Paleo-Benioff zone. *Backbone of the Americas, Asociación Geológica Argentina y Geological Society of America (Mendoza), Abstracts with Programs*, p. 77.
- Message, G., Nivière, B., Martinod, J., Lacan, P. & Xavier, J.-P. 2010. Geomorphic evidence for Plio-Quaternary compression in the Andean foothills of the southern Neuquén Basin, Argentina. *Tectonics* 29, TC4003, doi:10.1029/2009TC002609.
- Mosquera, A. & Ramos, V.A. 2006. Intraplate deformation in the Neuquén Basin. En: Kay, S.M. & Ramos, V.A. (Eds.): *Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°–39° S latitude)*. Geological Society of America, Special Paper 407: 97-124.
- Mpodozis, C. & Kay, S.M. 1990. Provincias magmáticas ácidas y evolución tectónica de Gondwana. *Andes Chilenos*, 28-31° S. *Revista Geológica de Chile* 17(2): 153-180.
- Mpodozis, C. & Ramos, V.A. 1990. The Andes of Chile and Argentina. En: Ericksen, G.E., Cañas Pinochet, M.T. & Reinemud, J.A. (Eds.): *Geology of the Andes and its relation to Hydrocarbon and Mineral Resources, Circumpacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Sciences Series* 11: 59-90. Houston.
- Mpodozis, C. & Ramos, V.A. 2008. Tectónica jurásica en Argentina y Chile: extensión, subducción oblicua, rifting, deriva y colisiones? *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63(4): 481-497.
- Muñoz, J. & Stern, C. 1988. The Quaternary volcanic belt of the Southern continental margin of South America: transverse structural and petrochemical variations across the segment between 38°S and 39°S. *Journal of South American Earth Sciences* 1(2): 147-162.
- Naipauer, M., Vujovich, G.I., Cingolani, C.A. & McClelland, W.C. 2010. Detrital zircon analysis from the Neoproterozoic–Cambrian sedimentary cover (Cuyania terrane), Sierra de Pie de Palo, Argentina: Evidence of a rift and passive margin system? *Journal of South American Earth Sciences* 29: 306-326.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Fanning, C.M. & Márquez, M. 2006. Gondwanide continental collision and the origin of Patagonia. *Earth Science Reviews* 76: 235-257.
- Ploszkiewicz, J.V., Orchueta, I.A., Vaillard, J.C. & Viñes, R.F. 1984. Compresión y desplazamiento lateral en la zona de Falla Huincul: estructuras asociadas, provincia del Neuquén. 9º Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 163-169. Buenos Aires.
- Radic, J.P. 2010. Las cuencas cenozoicas y su control en el volcanismo de los Complejos Nevados de Chillán y Copahue–Callaqui (Andes del Sur, 36-39°S). *Andean Geology* 37(1): 220-246.
- Ramos, V.A. 1978. Estructura. En: Rolleri, E.O. (Ed.): *Geología y recursos naturales de la Provincia del Neuquén*, 7º Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio: 9-24. Buenos Aires.
- Ramos, V.A. 1981. Descripción geológica de la Hoja 47 ab Lago Fontana, provincia del Chubut. Servicio Geológico Nacional, Boletín 183: 1-130. Buenos Aires.
- Ramos, V.A. 1984. Patagonia: ¿Un continente paleozoico a la deriva? 9º Congreso Geológico Argentino (S.C. Bariloche), Actas 2: 311-325.
- Ramos, V.A. 1999. Plate tectonic setting of the Andean Cordillera. *Episodes* 22(3): 183-190.
- Ramos, V.A. 2008. Patagonia: A Paleozoic continent adrift? *Journal of South American Earth Sciences* 26(3): 235-251.
- Ramos, V.A. 2010. The tectonic regime along the Andes: Present settings as a key for the Mesozoic regimes. *Geological Journal* 45: 2-25.
- Ramos, V.A. & Barbieri, M. 1989. El volcanismo Cenozoico de Huantraico: edad y relaciones isotópicas iniciales, provincia del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 43(2): 210-223.
- Ramos V.A. & Folguera, A. 2005. Tectonic evolution of the Andes of Neuquén: Constraints derived from the magmatic arc and foreland deformation. En: Veiga, G.D., Spalletti, L.A., Howell, J.A. & Schwarz, E. (Eds.): *The Neuquén Basin: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics*. The Geological Society, Special Publication 252: 15-35.
- Ramos, V.A. & Folguera, A. 2010. Payenia volcanic province in Southern Andes: An appraisal of an exceptional Quaternary tectonic setting. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* (en prensa).
- Ramos, V.A. & Kay, S.M. 1991. Triassic rifting and associated basalts in the Cuyo basin, central Argentina. En: Harmon, R.S. & Rapela, C.W. (Eds.): *Andean Magmatism and its Tectonic Setting*, Geological Society of America, Special Paper 265: 79-91.
- Ramos, V.A. & Kay, S.M. 2006. Overview of the Tectonic Evolution of the Southern Central Andes of Mendoza and Neuquén (35°–39°S Latitude). En: Kay, S.M. & Ramos, V.A. (Eds.): *Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the*

- Andes to the Neuquén Basin (35°–39°S latitude). Geological Society of America, Special Paper 407: 1–18.
- Ramos, V.A., García Morabito, E., Hervé, F. & Fanning, C.M. 2010. Grenville-age sources in Cuesta de Rahue, northern Patagonia: Constrains from U-Pb/SHRIMP ages from detrital zircons. International Geological Congress on the Southern Hemisphere (GEOSUR 2010), Bollettino de Geofisica 51(Supplement): 42–44.
- Rapalini, A.E., López de Luchi, M., Martínez Dopico, F., Lince Klinger, F., Giménez, M. & Martínez, P. 2010. Did Patagonia collide with Gondwana in the Late Paleozoic? Some insights from a multidisciplinary study of magmatic units of the North Patagonian Massif. *Geologica Actas* 8(4): 349–371.
- Rojas Vera, E., Folguera, A., Zamora Valcarce, G., Giménez, M., Ruiz, F., Martínez, P., Bottesi, G. & Ramos, V.A. 2010. Neogene to Quaternary extensional reactivation of a fold and thrust belt: the Agrio belt in the southern Central Andes and its relation to the Loncopué Trough (38°–39°S). *Tectonophysics* (en prensa).
- Rojas Vera, E., Folguera, A., Zamora Valcarce, G., Giménez, M., Ruiz, F., Martínez, P., Bottesi, G. & Ramos, V.A. 2010. La Fosa de Loncopué en el pie de monte de los Andes Neuquinos. En: Leanza, H. (Ed.): *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Neuquén*, 16º Congreso Geológico Argentino, Relatorio, este volumen.
- Schiama, M. & Llambías, E.J. 2008. New ages and chemical analysis on Lower Jurassic volcanism close to the dorsal de Huincul, Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63(4): 644–652.
- Silvestro, J. & Zubiri, M. 2008. Convergencia oblicua: modelo estructural alternativo para la dorsal Neuquina (39°S) - Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63(1): 49–64.
- Somoza, R. & Zaffarana, C.B. 2008. Mid-Cretaceous polar standstill of South America, motion of the Atlantic hotspots and the birth of the Andean Cordillera. *Earth and Planetary Science Letters* 71(1–4): 267–277.
- Spalletti, L., Franzese, J., Morel, E., D'Elia, L., Zúñiga, A. & Fanning, C.M. 2010. Consideraciones acerca de la sedimentología, paleobotánica y geocronología de la Formación Piedra del Águila (Jurásico Inferior, Neuquén). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 66(2): 305–313.
- Steinmann, G. 1910. Gebirgsbildung und Massengesteine in der Kordillere Sudamerikas. *Geologische Rundschau* 1: 13–35.
- Suárez, M. & De La Cruz, R. 1997. Volcanismo pliniano del Lias durante los inicios de la cuenca de Neuquén, Cordillera del Viento, Neuquén, Argentina. 7º Congreso Geológico Chileno, Actas 1: 266–270.
- Suárez, M., De La Cruz, R., Fanning, M. & Etchart, H. 2008. Carboniferous, Permian and Toarcian Magmatism in Cordillera del Viento, Neuquén, Argentina: First U-Pb shrimp dates and tectonic implications. 17º Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 906–907.
- Tunik, M., Folguera, A., Naipauer, M. & Ramos, V.A. 2010. Early uplift and orogenic deformation in the Neuquén basin: constraints on the Andean uplift from U-Pb and Hf isotopic data of detrital zircons. *Tectonophysics* 489: 258–273.
- Turner, J.C.M. 1965. Estratigrafía de Aluminé y adyacencias (provincia del Neuquén). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 20(2): 153–184.
- Vattuone de Ponti, M.E. 1988. Metamorfismo de baja presión en la cordillera neuquina. 5º Congreso Geológico Chileno, Actas 2(E): 31–46. Santiago de Chile.
- Vattuone de Ponti, M.E. 1990. Paragénesis mineral del metamorfismo del área de Aluminé, Cordillera Neuquina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 45(1–2): 107–119.
- Vergara, M., López Escobar, L. & Hickey-Vargas, R. 1997 a. Geoquímica de las rocas volcánicas miocenas de la cuenca intermontana de Parral y Ñuble. 8º Congreso Geológico Chileno (Antofagasta), Actas 2: 1570–1573.
- Vergara, M., Moraga, J. & Zentilli, M. 1997 b. Evolución termotectónica de la cuenca terciaria entre Parral y Chillán: análisis por trazas de fisión en apatitas. 8º Congreso Geológico Chileno (Antofagasta), Actas 2: 1574–1578.
- Von Gosen, W., 2003. Thrust tectonics in the North Patagonian Massif (Argentina): implication for a Patagonian plate. *Tectonics* 22(1), 1005, doi:10.1029/2001ITC901039.
- Willner, A.P., Thomson, S.N., Kröner, A., Wartho, J., Wijbrans J.R. & Hervé, F. 2005. Time Markers for the Evolution and Exhumation History of a Late Palaeozoic Paired Metamorphic Belt in North–Central Chile (34°–35°30'S). *Journal of Petrology* 46(9): 1835–1858.
- Willner, A.P., Gerdes, A. & Massonne, H.-J. 2008. History of crustal growth and recycling at the Pacific convergent margin of South America at latitudes 29°–36° S revealed by a U–Pb and Lu–Hf isotope study of detrital zircon from late Paleozoic accretionary systems. *Chemical Geology* 253: 114–129.
- Willner, A.P., Massonne, H.-J., Gerdes, A., Hervé, F., Sudo, M. & Thomson, S. 2009. The contrasting evolution of collisional and coastal accretionary systems between the latitudes 30°S and 35°S: evidence for the existence of a Chilean microplate. 12º Congreso Geológico Chile, Actas electrónicas, 3 p.
- Windhausen, A. 1914. Contribución al conocimiento geológico de los territorios del Río Negro y Neuquén, con un estudio de la región petrolífera de la parte central del Neuquén (Cerro Lotena y Covunco). Ministerio de Agricultura, Sección Geología, Minería y Mineralogía, Anales 10(1): 1–60, Buenos Aires.
- Yrigoyen, M.R. 1972. Cordillera Principal. En: Leanza, A.F. (Ed.): *Geología Regional Argentina*, Academia Nacional Ciencias, 345–364. Córdoba.
- Yrigoyen, M.R. 1979. Cordillera Principal. En: Turner, J.C.M. (Ed.): 2º Simposio de Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias 1: 651–694. Córdoba.
- Zamora Valcarce, G., Zapata, T. & Ramos, V.A. 2010. La Faja Plegada y corrida del Agrio. En Leanza, H. (Ed.): *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Neuquén*, 16º Congreso Geológico Argentino, Relatorio, este volumen.
- Zapata, T. & Folguera, A. 2005. Tectonic evolution of the Andean Fold and Thrust Belt of the southern Neuquén Basin, Argentina. En: Veiga, G.D., Spalletti, L.A., Howell, J.A. & Schwaerz, E. (Eds.): *The Neuquén Basin: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics*. The Geological Society, Special Publication 252: 37–56.
- Zappetini, E. & Dalponte, M. 2009. Lower Jurassic Algoma-type BIF mineralization at Cordillera del Viento, NW Neuquén Argentina. IAGOD, Abstracts. Australia.
- Zöllner, W. & Amos, A.J. 1955. Acerca del Paleozoico superior y Triásico del Cerro La Premia (Andacollo) Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 10(2): 127–135.
- Zöllner, W. & Amos, A.J. 1973. Descripción geológica de la Hoja 32b, Chos Malal, provincia del Neuquén. Servicio Nacional Mineiro Geológico, Boletín 143: 1–91. Buenos Aires.